**降压型直流开关稳压电源（A题）**

学校：东北石油大学

参赛选手：卢鑫坡 曲记锋 宋忠民

指导教师：张明

**摘 要:**本系统以TI公司的LM5117及CSD18532KCS场效应管为核心，设计制作了该降压型开关直流稳压电源。额定输出电压为5V，输出电流最大值为3A。该系统前端是以LM5117为核心构成的DC-DC直流转直流降压电路，从而确定所需的PWM调制方式，经过几级滤波最终去除纹波，完成了总体电路的设计。该作品很好地满足了竞赛题目要求。

**关键词：**开关电源 LM5117 CSD18532KCS场效应管

**1．设计任务**

**1.1基本要求**

（1）额定输入电压下，输出电压偏差：；

（2）额定输入电压下，最大输出电流：；

（3）输出噪声纹波电压峰峰值：；

（4）从满载变到轻载 时，负载调整率：

；

（5）变化到17.6V和13.6V，电压调整率：

（6）效率；

（7）具有过流保护功能，动作电流；

（8）增加1个二端子端口，即输出控制端口，端口可外接电阻R（1k-10k）。电源输出电压由下式确定：

；

（9）尽量减小电源重量，使电源不含负载的重量不大于0.2Kg；

**2.系统方案**

**2.1方案提出**

利用LM5117制作一个恒流稳压器，经查该芯片数据手册知，可以通过调节电流控制，电压控制两部分的开合关系，来实现升压和降压的功能，最终达成DC-DC变换的目的。

具体电路原理图如后图5-1所示。

**2.2系统整体框图**

DC-DC降压部分

去耦滤波

消除高频噪音

直流输入部分

负载

环形路型补偿

仿真电流检测

5V、3A直流输出

去耦滤波

RC滤波

图2-1降压型开关稳压电源设计总体框图

**3.电路理论分析**

**3.1具体实现方法**

**（1）降低纹波的方法**

利用前馈控制的方法对低频纹波进行滤除，对于高频纹波，则利用多级滤波的方式，来进行滤除。

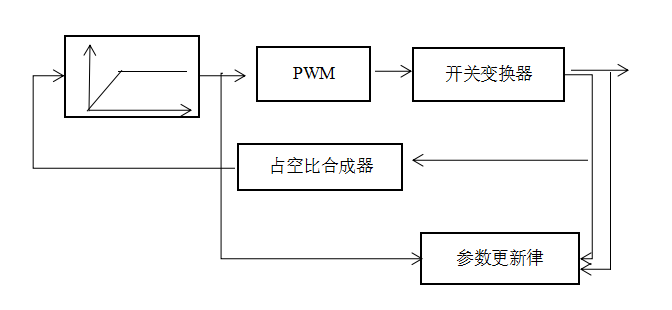
**（2）DC-DC变换方法**

在DC-DC控制方法的选择上，我们考虑了很多，最终决定采用目前比较成熟的PW脉宽调制技术来实现对该系统的数字化控制，把直流电压变换为另一数值的直流电压最简单方法是串联一个电阻，这样不涉及变频的问题，显得很简单，但是效率低。用一个半导体功率器件作为开关，使带有滤波器（L或/和C）的负载线路与直流电压一会儿接通，一会儿断开，则负载上也得到另一个直流电压，这就是DC-DC的基本手段，类似于“斩波”（Chop）作用。

一个周期Ts内，电子开关接通时间ton所占整个周期Ts的比例，称接通占空比（D，D）=ton/Ts；断开时间toff所占Ts比例，称断开占空比（D，D）= toff/Ts。很明显，接通占空比越大，负载上电压越高；1/Ts=fs称开关频率，fs越高，负载上电压也越高。这种DC-DC变换器中的开关都在某一固定频率下（如几百千赫兹）工作，这种保持开关频率恒定，但改变接通时间长短（即脉冲的宽度），使负载变化时，负载上电压变化不大的方法，称脉宽调制法（Pulse Width Modulation,简称为PWM）。由于电子开关按外加控制脉冲而通断，控制与本身流过的电流、二端所加的电压无关，因此电子开关称为“硬开关”。很明显，由于硬开关关断和开通时，开关上同时存在电压、电流，损耗是比较大的，但无论如何比串联电阻变换方法损耗小得多。这就是开关电源的优点之一，整个控制系统的整体框图如图3-1所示。

**（3）稳压控制方法**

在输出端对输出电压进行取样，得到的样本电压传输至LM5117的FB端口接到内部误差放大器反相输入端，内部高增益误差放大器可以产生一个与 FB 引脚电压和内部高精度 0.8V 基准之差成正比的误差信号。PWM 比较器通过一个 1.2V 内部压降，比较取自斜坡发生器的仿真电流检测信号和误差信号，控制PWM信号，进而达到控制输出电压的作用。在芯片的COMP引脚接入环路补偿元件，通过改变其数值可配置误差放大器的增益和相位特性。

****

**图3-1**

**4.元器件选择与参数计算**

**4.1确定开关频率**

为了方便后续电源相关元器件参数选择，首先进行开关频率选择，根据技术手册，较高频率的应用体积较小，等损耗较高。在本次设计中，为了达到任务要求，达到高效率小尺寸的要求，采用230kHz作为折中方案。同时根据确定频率确定定时电阻

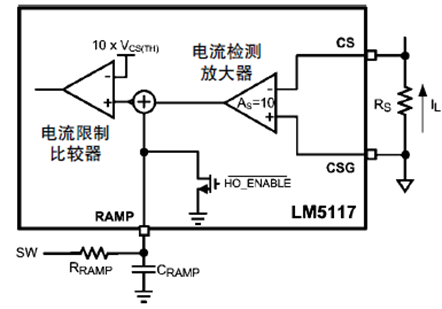
**4.2输出电感**

最大电感纹波电流出现在最大输入电压时。根据技术手册，为了平滑输出的纹波电压，输出电容要承担更大的负荷。选择的纹波电流为 3.2A 的 40％。已知开关频率、最大纹波电流、最大输入电压和标称输出电压，电感值可以用以下公式计算：

[H]=12.1μH (4.2.1)

根据公式计算选择最接近标准值为10μH.

**4.3电流检测电阻**

由于LM5117采用了一个独特的斜坡发生器，它可以重建电流信号，表征或仿真电感器电流为PWM比较器提供了一个斜坡信号，此信号没前沿尖峰，无需测量或滤波延迟，并保持了传统峰值电流模式控制的优点。电流重建包括采样和保持直流电平和仿真的电感电流斜坡。如图4-1所示。

**图4-1**

正斜率电感电流斜坡是连接在RAMP和AGND之间的，以及连接埃在SW和RAMP之间的进行仿真的。根据数据手册，采用了高质量的陶瓷电容器。的选择可用K洗漱减缓，该系数可以定义为：

转换器的性能根据K值会有所不同。对于这个例子，选择了K = 1，以控制次谐波振荡和实现单周期阻尼。考虑到误差和纹波电流，最大输出电流能力 (IOUT (MAX))应高于所需输出电流

的 20％ 至 50％。

**4.4斜坡电阻和斜坡电容**

电感的电流斜波信号在此设计中是由和仿真的，这里把的值设置在1nF,K值选择为1，可由以下公式计算：

经过计算=50kΩ

**4.5 UVLO分压器,,**

启动电压和迟滞是由和的值来设定的，电容为分压器提供滤波，本设计中，启动电压设置为12V，设置为2V。,的值通过以下公式计算：

通过分析与计算，选择值为10。选择的是1.63。的值选择0.1μf。

**4.6 缓冲元件 和**

根据数据手册低边 NMOS 器件两端的电阻-电容缓冲网络可减少开关节点的振铃和尖峰。过多的振铃和尖峰可能会导致运行不稳定，还可能将噪声耦合至输出电压。本次设计选择缓冲器值通过实证的方法来完成。首先明确缓冲连接导线长度很短。从 5Ω和 50Ω 之间的电阻值开始。为了线路更加合理，我们选择了最小值的缓冲电容，能够在重负载条件下为开关波形尖峰提供足够的阻尼。

**4.7自举电容 和自举二极管**

在每个周期的开启期间，HB 和 SW 引脚之间的自举电容提供栅极电流，对高边 NMOS 器件栅极充电，还为自举二极管提供恢复电荷。本设计中确定理论值最小为0.29μf，实际选择为0.47μf。

**4.8 VCC 电容**

VCC 电容 () 的主要用途是为 LO 驱动器和自举二极管提供峰值瞬态电流，并为 VCC 稳压器提供稳定性。这些峰值电流可达几安培。数据手册建议的 值应不小于0.47 μf，且应该是一个良好品质的低 ESR 陶瓷电容器。 应连在 IC 引脚上，以尽量减少可能由引线电感引起的破坏性电压瞬变。根据实验情况，本次>0.59uf，根据实际情况我们选择1μf。

**4.9 VIN 的滤波器、**

VIN上的R-C滤波器是可选的。滤波器有助于防止注入到VIN引脚的高频开关噪声引起的故障。本次设计中，采用了0.47μf陶瓷电容器。选定为3.9Ω。

**4.10软启动电容**

SS 引脚的电容 () 决定软启动时间 ()，它是达到最终稳压值的输出电压持续时间。

所以该软启动时间为 8 ms，CSS 选择的值为 0.1 μF。

**4.11输出分压器 和**

和 设置输出电压电平。这些电阻的比值计算公式为：

和 之间的比值决定了中频增益 AFB\_MID。经过计算

环路补偿元件 、 和

**4.12 、 和 可配置误差放大器增益和相位特性，以产生一个稳定的电压环路。**

为了确定具体值，我们通过四个步骤进行展开计算。

第一步：选择

通过选择十分之一的开关频率，可确定为23kHz。

第二步：确定所需的

已知，可计算如下：

[Ω] (4.12.1)

计算得27.5Ω

第三步：确定以消除负载极点

已知，可计算如下：

[F] (4.12.2)

计算得=25 nf

第四步：确定，以消除ESR零点

已知已知和，可计算如下：

计算得=189 pf

在以上理论计算基础上实际选择=22.00nf,=24KΩ，=220pf。

**5.电路设计及器件选择**

**5.1 DC-DC实现电路**

利用如图3-1所示电路实现DC-DC高压直流转低压直流的功能，该图为一个直流稳压源的原理图，这个恒压稳压器是利用反馈输入电流监视功能，LM5117可以配置成一个恒流稳压器。取自VOUT至AGND的VCCDIS引脚的分压信号可用来防止输出过压。当VCCDIS引脚电压高于VCCDIS阈值时，控制器关闭VCC稳压器，VCC引脚电压下降。当VCC引脚电压低于VCC UV阈值时，HO和LO输出停止切换。由于VCC所需的时间延迟衰减到VCC UV阈值以下，过压保护在断续模式下运行。



**图5-1**

**5.2系统原理图：**见附录1。

**6.作品测试及结果分析**

**6.1测试方案及测试条件**

测试中我们采用了TDGC-2接触调压器（0.5KVA）、KENWOOD CS-4125 示波器、FLUKE 15B万用表、以及可调数显式电子负载进行调试，通过改变电流源输入电压，通过万用表测出多组数据，并进行数据记录。测试结果见下表。

**6.2测试结果及其完整性**

（1）一定范围输入电压下，输出电压：

表 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|  | 12.1V | 12.7V | 13.6V | 14.0V | 15.6V | 17.6V | 18.0V | 19.5V | 20.0V |
|  | 5.040V | 5.041V | 5.040V | 5.043V | 5.041V | 5.040V | 5.042V | 5.039V | 5.043V |
|  | 0.040V | 0.041V | 0.040V | 0.043V | 0.041V | 0.040V | 0.042V | 0.039V | 0.043V |

（2）一定范围输入电压下，输出最大电流：

表 2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|  | 12.1V | 12.7V | 13.6V | 14.0V | 15.6V | 17.6V | 18.0V | 19.5V | 20.0V |
|  | 3.10A | 3.09A | 3.11A | 3.12A | 3.10A | 3.08A | 3.10A | 3.11A | 3.00A |

**6.3测试结果及分析**

表3

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |
| 均值 | 0.21V | 3,.09A | 48.57mV | 0.42% | 0.48% | 86.12% |
| 方差 |  |  |  |  |  |  |
| 最大值 | 0.43V | 3.12A | 49.00mV |  |  |  |
| 最小值 | 0.39V | 3.00A | 48.20mV |  |  |  |

总 结

本作品在各项指标上均满足题目要求，能够将16V输入直流电压整形成满足要求的5V直流电压，电路简洁实用。本设计的降压核心为LM5117芯片，采用多级滤波的方法滤除纹波，使得任何时刻的纹波达到了题目要求，有效提高了电源输出电压的质量。由于整体系统架构设计合理，功能电路实现较好，系统性优良稳定，故达到了题目要求的指标。在设计实现的过程中充分利用了LM5117的内部电路优势，简化了电路的设计，提高了设计的效率和系统的可靠性。

参考文献

[1]丁茂生，王刚，赵建仓. DC-DC变换器数字控制方法. 2003.

[2]王水平，史俊杰，田庆安. 开关稳压电源-原理、设计及实施电路[M].西安电子科技大学出版社. 2005.1.22

[3]沙占友，庞志锋，等. 开关电源外围元器件选择与检测[M].中国电力出版社. 2009.

**附录1**

****